



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

⑫ Patentschrift  
⑩ DE 198 50 763 C 1

⑤① Int. Cl. 7:  
**B 23 K 26/00**  
B 23 K 15/00  
B 23 K 9/028  
// F01N 7/10

②① Aktenzeichen: 198 50 763.1-34  
②② Anmeldetag: 4. 11. 1998  
④③ Offenlegungstag: -  
④⑤ Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: 13. 4. 2000

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden

⑦③ Patentinhaber:  
DaimlerChrysler AG, 70567 Stuttgart, DE

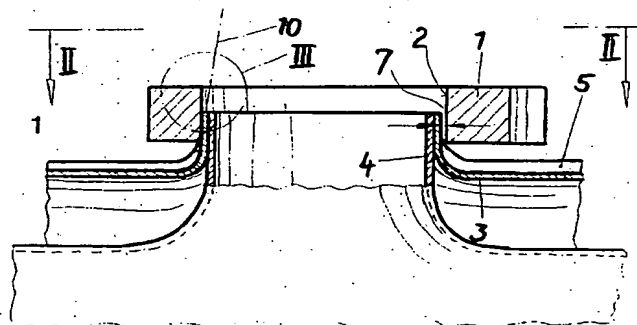
⑦② Erfinder:  
Breitschwerdt, Sven, Dipl.-Ing., 71336 Waiblingen,  
DE

⑤⑥ Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
gezogene Druckschriften:

DE 37 02 411 A1  
EP 5 82 985 A1

⑤④ Verfahren zum Zusammenschweißen von runden, zunächst lose ineinandergesteckten Teilen mittels eines energiereichen Strahles

⑤⑦ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zusammenschweißen von runden Teilen mittels einer Laserschweißung, bei dem die Teile entlang eines entsprechenden Paares von Zentrierflächen, die gemeinsam einen zylindrischen Fügspalt einschließen, zunächst lose gefügt und danach mittels einer durchgehenden, entlang des Fügespalt es gelegten Ringnaht zusammengeschweißt werden. Das radial außerhalb des Fügespalt es liegende Teil ist gegenüber dem vorzugsweise radial innerhalb des Fügespalt es liegenden Bereiches mit einer höheren Wärmekapazität und/oder massereicher ausgebildet. Die Zentrierflächen der zu verschweißenden Teile weisen ein Spiel zueinander auf, welches etwa der thermischen Dehnung des inneren Teiles relativ zum äußeren Teil unter dem Einfluß der schweißbedingten Erwärmung entspricht. Zum Schweißen werden die Teile im Rahmen des genannten Spieles exzentrisch so zueinander gefügt, daß die Zentrierflächen sich an einer Umfangsstelle berühren und an den anderen Umfangsstellen ein zunehmendes Spiel zueinander aufweisen, wobei die Exzentrizitätslage während der Schweißung unbeeinflußt bleibt. Die solcherart lose und exzentrisch gefügten Teile werden ohne vorherige Heftschweißung entlang der in einem Zug gelegten Ringnaht zusammengeschweißt, wobei mit der Schweißung an der Umfangsstelle der anfänglichen Berührung der Zentrierflächen begonnen wird. Der entlang des Fügespalt es geführte Schweißstrahl ist zumindest angenähert axial ...



DE 198 50 763 C 1

DE 198 50 763 C 1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Zusammenschweißen von von zunächst lose ineinandergesteckten, vorzugsweise im Fügebereich runden Teilen mittels einer Schmelzschweißung nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, wie es beispielsweise aus der DE 37 02 411 A1 als bekannt hervorgeht.

Die EP 582 985 A1 beispielsweise zeigt einen luftspaltisolierten Abgaskrümmter, bei dem zwei im Flanschbereich konzentrisch ineinander gefügte Rohre in die Öffnung des Flansches etwa bis zur Hälfte der Flanschdicke eingesteckt und im Innern der Öffnung mit dem Flansch und untereinander durch eine gemeinsame Kehlnaht verschweißt sind. Über die Energieart der Schweißung ist keine Aussage gemacht.

Beim Zusammenschweißen von runden, konzentrisch gefügten Teilen müssen wegen einer Erwärmung der Teile beim Schweißen und wegen der dadurch hervorgerufenen, thermischen Verformung die Teile zunächst in der gewünschten Relativlage aufgedornst und dann bei geringem Wärmeeintrag geheftet werden, damit sie diese gegenseitige Lage beim eigentlichen Schweißen trotz der thermischen Verformungen beibehalten. Das Heften kann durch einzelne am Umfang des Fügespaltess verteilt angeordnete Schweißpunkte oder kurze Schweißnahtabschnitte oder – bei Laserschweißungen – durch eine durchgehende Laserschweißung mit geringerer Einschweißtiefe als der späteren eigentlichen Fügenschweißung erfolgen. In jedem Fall stellt das Aufdornen und das Heften der Teile jeweils einen eigenen, gesonderten Arbeitsgang dar, der die Herstellungszeit verlängert und die Produktivität einer Serienschweißanlage beeinträchtigt.

Die eingangs zitierte DE 37 02 411 A1 behandelt ein Verfahren zum Herstellen von Rundnahtgeschweißten Scheibenrädern mittels einer Laserschweißung. Dabei wird ein im Rohzustand annähernd zylindrischer Felgenreifen mit einer annähernd napfförmigen Radschüssel entlang einer Rundnaht zusammengeschweißt. Die Radschüssel wird unter einer gewissen Vorspannung lagerichtig in den Felgenreifen eingesetzt, so daß die beiden zu verschweißenden Teile wie ein einziges Teil vorsichtig gehandhabt werden können. Damit dieses lagestabile Zusammenpassen der Teile möglich ist, müssen die Teile an den Fügestellen eine entsprechend hohe Paßgenauigkeit aufweisen; außerdem müssen die Teile in einer gesonderten Arbeitsoperation und Fügevorrichtung in die gewünschte Relativlage zueinander gebracht werden. Die so vorbereiteten Teile werden zentrisch auf den drehbaren Werkstückhalter einer Laserschweißmaschine eingespannt. Anschließend wird die Fügestelle unter Drehung des Werkstückes entlang eines Paares von diamtral gegenüber liegenden, simultan zum Einsatz gelangenden Laserstrahlen entlanggeführt und dabei aufgrund einer vorübergehenden Aussetzung der Laserenergie an einer unterbrochenen Naht rundgeschweißt.

Ausgehend von dem gattungsgemäß zugrundegelegten Verfahren ist es Aufgabe der Erfindung, das Schweißverfahren rationeller zu gestalten.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch die kennzeichnenden Merkmale von Anspruch 1 gelöst. Aufgrund einer gezielten Wärmekapazität bezüglich der zu verschweißenden Teile, aufgrund einer bestimmten Spielbemessung der zu fügenden und zu verschweißenden Teile und aufgrund einer anfänglichen Desaxierung der Teile kann erfindungsgemäß auf ein Aufdornen sowie auf ein gesondertes Heften der Teile verzichtet werden, weil die thermische Verformung der Teile die genaue konzentrische Lage während des Schweißens selbsttätig herbeiführt. Durch den Entfall

des Aufdornens und des gesonderten Heftens vorher der eigentlichen Schweißung ist der Schweißvorgang rationeller gestaltet. Trotzdem ist die Schweißung mit keiner Genauigkeitseinbuße verbunden.

Die Erfindung ist überall da mit Vorteil, wo das radial außerhalb des Fügespaltess liegende Teil zumindest bezüglich eines fügespaltnahen Bereiches von etwa 5 bis 10 mm aus einem Material höherer Wärmekapazität und ggf. massereicher ausgebildet ist als das radial innerhalb des Fügespaltess liegende Teil bzw. dessen fügespaltnahen Bereiches. Der Konstrukteur hat es in der Hand, die Teile in ihrem fügespaltnahen Bereich entsprechend zu gestalten und darauf zu achten, daß die Zentrierflächen der zu verschweißenden Teile ein Spiel zueinander aufweisen, welches etwa der thermischen Dehnung des inneren Teiles relativ zum äußeren Teil unter dem Einfluß der schweißbedingten Erwärmung entspricht. Die höhere bzw. geringere Wärmekapazität der zu verschweißenden Teile kann bspw. durch ein unterschiedliches Material und/oder insbesondere durch eine entsprechend größere bzw. kleinere Bemaßung und damit eine größere bzw. kleinere Masse der Teile zumindest im Bereich der Verschweißung realisiert werden. Außer den genannten Flanschverbindungen ist die Verbindungstechnik bei mehrteilig zusammengesetzten Getriebeteilen der unterschiedlichsten Art einsetzbar.

Zweckmäßige Ausgestaltungen der Erfindung können den Unteransprüchen entnommen werden; im übrigen ist die Erfindung anhand eines in der Zeichnung dargestellten Ausführungsbeispiels nachfolgend noch erläutert; dabei zeigt

**Fig. 1** einen partiellen Schnitt durch den Flansch und anschließenden Rohrbereich eines luftspaltisolierten Abgassammlers entlang der Schnittlinie I-I in **Fig. 2**,

**Fig. 2** die Ansicht II-II auf den Ausschnitt des Abgassammlers nach **Fig. 1**,

**Fig. 3** eine vergrößerte Einzeldarstellung der Einzelheit III aus **Fig. 1** und

**Fig. 4** eine Darstellung von zwei Anwendungsbeispielen erfindungsgemäßer Schweißungen in einem mehrteilig zusammengesetzten Getriebeteil.

Der in den **Fig. 1** und **2** ausschnittsweise dargestellte, luftspaltisolierte Abgassammler ist im Wesentlichen durch ein zweischaliges Außenrohr **3** mit Längsnaht **5** und nahtlos im Innenhochdruck-Umformverfahren hergestellten Formstücken eines Innenrohres **3** gebildet, die – abgesehen vom Flanschbereich – einen Luftspalt zwischen sich einschließen. Im Bereich des Flansches **1** weisen die beiden Rohre **3** und **4** praktisch kein Spiel zueinander auf; sie sind in diesem Bereich berührend zu einem konzentrischen Verbund zusammengesteckt. Und zwar endigen die Wandungen im Flanschbereich etwa bündig zueinander. Die Formstücke des Innenrohres werden ineinander gesteckt, in die untere Schale des Außenrohres lagegerecht eingelegt, die obere Schale des Außenrohres aufgelegt und daß Außenrohr entlang der Längsnaht **5** geschlossen. An den solcherart vorbereiteten Rohling eines luftspaltisolierten Abgassammlers müssen nun noch die Flansche **1** angeschweißt werden.

Um diese Schmelzschweißung rationell, d. h. ohne vorherige Heftschweißung und trotzdem genau durchführen zu können, wird erfindungsgemäß folgendermaßen vorgegangen:

Das Außenrohr **3** bildet mit seiner runden Außenoberfläche eine Zentrierfläche, die mit der runden Leibung der Öffnung **2** im Flansch **1** als weiterer Zentrierfläche zusammengesteckt und so zunächst lose gefügt wird. Die beiden Zentrierflächen schließen gemeinsam einen zylindrischen Fügespalt **6** ein. Der radial außerhalb des Fügespaltess liegende Flansch weist eine höhere Wärmekapazität und/oder ist massereicher ausgebildet, als die beiden radial innerhalb des

Fügespaltes liegenden Rohre 3 und 4 im fügespaltnahen Bereich. Die Zentrierflächen der zu verschweißenden Rohre einerseits und der Flanschöffnung andererseits weisen ein Spiel 7 zueinander auf, welches etwa der thermischen Dehnung der Rohre relativ zum Flansch 1 unter dem Einfluß der schweißbedingten Erwärmung entspricht.

Die Rohre 3 und 4 sind im Fügebereich massearm und/oder weisen eine kleinere Wärmekapazität auf, wogegen der Flansch 1 massereich ausgebildet ist bzw. eine höhere Wärmekapazität aufweist. Durch diese Konstruktive und/oder Materialeigenschaft erwärmen sich beim Zusammenschweißen die Rohre relativ stark, weil die eingetragene Wärme nicht rasch in angrenzende Werkstoffvolumina abfließen kann. Hingegen bleibt der Flansch beim Schweißen vergleichsweise kalt, da die eingetragene Wärme über breite Querschnitte rasch in die angrenzende Werkstückmasse abfließen und sich auf den gesamten Flansch verteilen kann. Aufgrund der Unterschiedlichen Erwärmung dehnen sich die Rohre beim Schweißen radial aus wogegen der Flansch thermisch weitgehend formstabil bleibt.

Zum Schweißen werden die Teile im Rahmen des genannten Spieles 7 exzentrisch zueinander gefügt, derart, daß die Zentrierflächen sich an einer Umfangsstelle 9 berühren und an den anderen Umfangsstellen ein zunehmendes Spiel zueinander aufweisen, wobei die zur Berührungsstelle 9 hinweisende Exzentrizitätsrichtung 8 während der Schweißung unverändert bleibt. Die solcherart lose und exzentrisch gefügten Teile werden ohne vorherige Aufdornung und ohne vorherige Heftschiweißung in einem Zug mit einer Ringnaht 13 zusammengeschweißt, wobei mit der Schweißung an der Umfangsstelle 9 der anfänglichen Berührung der Zentrierflächen begonnen wird. Die Schweißung wird mittels eines Laserstrahles 10 durchgeführt, der besonders wenig Energie in die Teile, insbesondere in den Flansch einträgt, so daß thermisch bedingte, bleibende Verzüge des Flansches nicht zu befürchten sind. Der Flansch bleibt dadurch mit guter Genauigkeit eben und können mit einer preisgünstigen und dauerhaften Flachdichtung geringer Stärke gepaart werden. Ausgehend von dem Startpunkt 9 dehnen sich die Rohre im Maß des Fortschreitens der Schweißnaht durch die zunehmende Erwärmung aus, so daß in dem vorauslaufenden Umfangsbereich die zu verschweißenden Teile sich gerade gegenseitig berühren. Auf diese Weise können ohne vorheriges Heften die Rohre 3, 4 und der Flansch 1 lagegenau mit der Ringnaht 13 zusammengeschweißt werden.

Bei einer für die Serienfertigung vorbereiteten Schweißung wurden folgende Parameter für den Schweißprozeß vorgesehen:

- Wandstärke s des Außenrohres etwa 1,5 mm;
- Wandstärke w des Innenrohres etwa 1,0 mm;
- Wandstärke f des Flansches etwa 8 mm;
- Spiel 7 des Außenrohres in der Flanschöffnung etwa 0,2 mm.
- Der entlang des Fügespaltes 6 geführte Laserstrahl 10 war zumindest angenähert axial ausgerichtet, wobei er mit seiner Strahlachse 12 etwa 8° gegen die Rohrachse zur Rohrmitte hin geneigt war (Neigungswinkel  $\alpha$ ).
- Es wurde stark defokussiert geschweißt, um einen großen Brennfleck zu erhalten. Der Abstand a des Fokus 11 lag etwa 10 mm oberhalb der Werkstückoberfläche.
- Der Brennfleck - gemessen bei 86% der Strahlenergie - hatte einen Durchmesser d von etwa 1,25 mm. Durch eine entsprechend hohe Ausgangsleistung des Laserstrahles mußte dafür gesorgt werden, daß die Energiedichte im Brennfleck ausreichend hoch für das

Schweißen war. Der große Brennfleck-Durchmesser wurde im Hinblick auf eine Spalt- oder Spielüberbrückung gewählt.

- Beim Schweißen wurde der Strahl so eingestellt und relativ zum Werkstück geführt, daß der Mittelpunkt des Brennflecks etwa in der Mitte der Wandstärke der Wandung des Außenrohres 3 lag.

Im Zusammenhang mit der Darstellung nach Fig. 4 sei darauf hingewiesen, daß die erfindungsgemäße Schweißung auch bei anderen Bauteilen, beispielsweise Getriebeteilen, mit Vorteil durchführbar ist. Und zwar zeigt Fig. 4 zwei Ringschweißungen 20 bzw. 21 entlang axial ausgerichteter Fügespalte.

Die erste Schweißung 20 ist zwischen einen aus Blech gefertigten Lamellenträger 15 und einem Zahnrad 16 angebracht. Am Innenrand des Lamellenträgers ist eine zylindrische Aushalsung 22 hoher Form- und Paßgenauigkeit angeformt, die in eine genau gearbeitete, zentrische Bohrung des Zahnrades mit definiertem Spiel eingreift. Die Aushalsung 22 ist massearm, wogegen das Zahnrad 16 massereich ausgebildet ist. Dadurch erwärmt sich beim Zusammenschweißen die Aushalsung relativ stark, weil die eingetragene Wärme nicht rasch in angrenzende Werkstoffvolumina abfließen kann. Hingegen bleibt das Zahnrad 16 beim Schweißen vergleichsweise kalt, da die eingetragene Wärme über breite Querschnitte rasch in die angrenzende Zahnradmasse abfließen und sich auf das gesamte Zahnrad verteilen kann. Aufgrund der Unterschiedlichen Erwärmung dehnt sich die Aushalsung beim Schweißen radial aus wogegen das Zahnrad thermisch weitgehend unverändert bleibt. Das oben genannte definierte Spiel zwischen Aushalsung und Nabenbohrung im Zahnrad ist entsprechend der Relativdehnung der Aushalsung zur Zahnradbohrung unter dem Einfluß der beim Schweißen auftretenden Erwärmung bemessen.

Zum Zusammenschweißen von Lamellenträger und Zahnrad wird die in die Nabenbohrung eingesteckte Aushalsung im Rahmen des Spieles exzentrisch in eine bestimmte Richtung maximal bis zur Berührung an einer Umfangsstelle verschoben und an dieser Umfangsstelle mit dem Schweißen begonnen, wobei die Richtung der Exzentrizität beim Schweißen beibehalten wird. Durch die zunehmende Erwärmung dehnt sich die Aushalsung im Maß des Fortschreitens der Schweißnaht aus, so daß in dem dem jeweiligen Arbeitspunkt des Schweißens vorauslaufenden Umfangsbereich die zu verschweißenden Teile sich gerade gegenseitig berühren. Auf diese Weise können ohne vorheriges Heften die Teile 15 und 16 lagegenau mit der - ersten - Ringnaht 20 zusammengeschweißt werden.

Der so hergestellte Teileverbund 15/16 aus Lamellenträger und Zahnrad muß auch noch mit einer Welle 17 zusammengeschweißt werden, wozu an dieser ein Flansch 18 angeformt ist, der mit seinem Umfang in einen Absatz der Nabenbohrung des Zahnrades mit definiertem Spiel eingreift. Damit entsprechend der Lehre der vorliegenden Erfindung das radial innerhalb der - zweiten - Fügestelle liegende Teil, nämlich hier der Flansch 18, zumindest im Fügebereich massearm ist, sind nahe des Außenumfanges des Flansches Wärmedämmnuten 19 eingearbeitet, die nur einen geringen Wärmeleitzquerschnitt zur Basis des Flansches hin übrig lassen, der jedoch unter Festigkeitgesichtspunkten ohne weiteres noch ausreichend ist. Durch die Querschnittsverengung kommt es beim Schweißen zu einem Wärmestau in dem außerhalb der Wärmedämmnuten liegenden Bereich des Flansches, so daß dieser sich beim Schweißen ausdehnt, wogegen das massereiche Zahnrad 16 den beim Schweißen zahnradseitig eingetragenen Wärmeanteil aufgrund der gro-

ßen Wärmeflußquerschnitte darin weiträumig verteilen kann und es sich demgemäß wenig erwärmt.

Beim Schweißen dieser beiden Teile mit der zweiten Ringnaht 21 wird völlig analog zu dem Schweißen der ersten Ringnaht 21 vorgegangen, so daß darauf nicht näher eingegangen zu werden braucht.

#### Patentansprüche

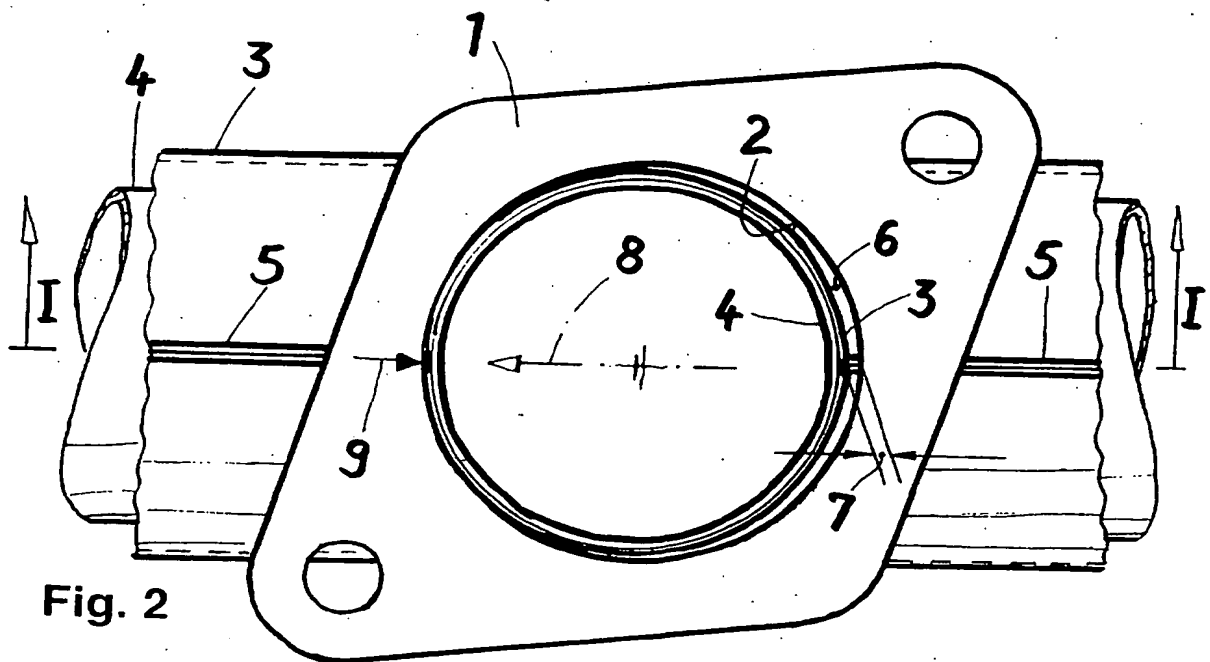
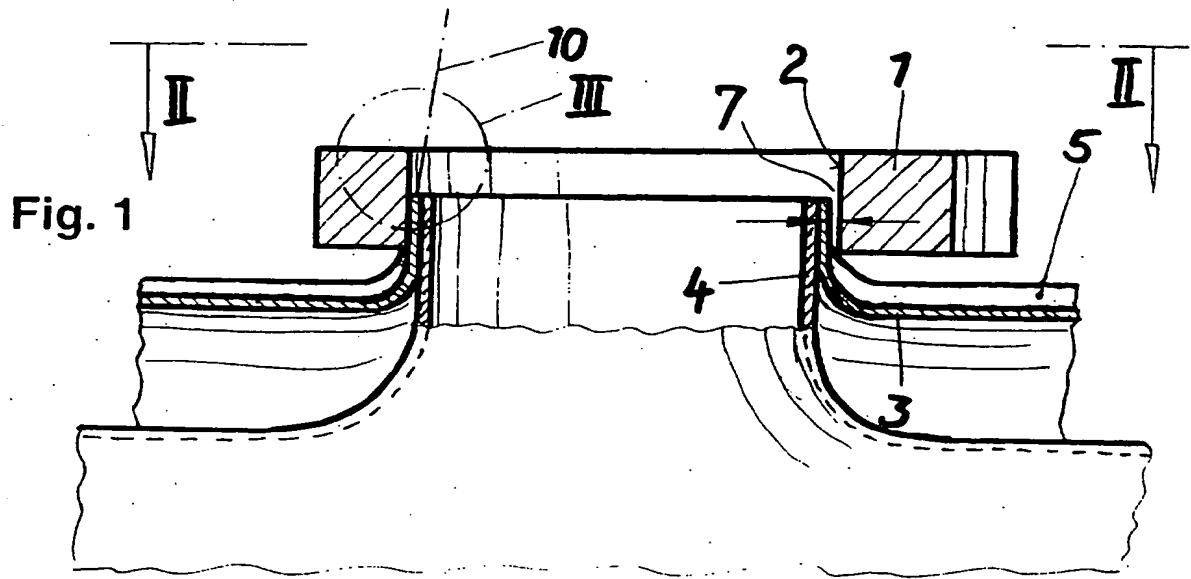
1. Verfahren zum Zusammenschweißen von zunächst lose ineinandergesteckten, vorzugsweise im Fügebereich runden Teilen (1, 3, 4 oder 16, 15 oder 16, 18) mittels einer Schmelzschweißung, bei dem die Teile (1, 3, 4 oder 16, 15 oder 16, 18) entlang eines entsprechenden Paares von Zentrierflächen, die gemeinsam einen umlaufenden, vorzugsweise zylindrischen Fügespalt (6) einschließen, an einer durchgehenden, entlang des Fügespalt (6) gelegten Ringnaht mittels eines energiereichen Schweißstrahles, insbesondere mittels eines Laserstrahles (10) zusammengeschweißt werden, wobei zumindest der fügespaltnahe Bereich des vorzugsweise radial außerhalb des Fügespalt (6) liegenden Teiles (1, 16) gegenüber zumindest dem fügespaltnahen Bereich des vorzugsweise radial innerhalb des Fügespalt (6) liegenden Teiles (3, 4 oder 15, 18) mit einer höheren Wärmekapazität und/oder massereicher ausgebildet ist, **dadurch gekennzeichnet**, daß
  - die Zentrierflächen der zu verschweißenden Teile (1, 3, 4 oder 16, 15 oder 16, 18) ein Spiel (7) zueinander aufweisen, welches etwa der thermischen Dehnung des inneren Teiles (3, 4 oder 15, 18) relativ zum äußeren Teil (1, 16) unter dem Einfluß der schweißbedingten Erwärmung entspricht,
  - zum Schweißen die Teile (1, 3, 4 oder 16, 15 oder 16, 18) im Rahmen des genannten Spieles (7) exzentrisch zueinander angeordnet werden, derart, daß die Zentrierflächen sich an einer Umfangsstelle (9) berühren und an den anderen Umfangsstellen ein zunehmendes Spiel zueinander aufweisen, wobei die Exzentrizitätslage (8) während der Schweißung unbeeinflusst bleibt,
  - die solcherart lose und exzentrisch angeordneten Teile (1, 3, 4 oder 16, 15 oder 16, 18) ohne vorherige Heftschweißung entlang der in einem Zug gelegten Ringnaht (13, 20, 21) zusammengeschweißt werden, wobei mit der Schweißung an der Umfangsstelle (9) der anfänglichen Berührung der Zentrierflächen begonnen wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der entlang des Fügespalt (6) geführte Schweißstrahl (10) zumindest angenähert axial ausgerichtet ist.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein in die Öffnung (2) eines Flansches (1) eingestecktes Rohr (3) mit diesem zusammengeschweißt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß ein in die Öffnung (2) eines Flansches (1) eingestecktes Rohrpaar (3, 4), dessen Wandungen im Flanschbereich bündig zueinander endigen und zumindest im Flanschbereich einander unmittelbar berühren, untereinander und mit dem Flansch (1) zusammengeschweißt werden.
5. Verfahren nach Anspruch 4, gekennzeichnet durch folgende Parameter für den Schweißprozeß:
  - Neigung ( $\alpha$ ) der Laserstrahlachse (12)  $8^\circ \pm 3^\circ$  gegen die Rohrachse zur Rohrmittle hin,

- Abstand (a) des Fokus' oberhalb der Werkstückoberfläche  $10 \pm 3$  mm,
- Brennfleck-Durchmesser (d) größer als 1 mm,
- Lage des Mittelpunktes des Brennfleckes radial etwa in der Mitte der Stirnfläche der Wandung des Außenrohres (3) des Rohrpaars,
- Wandstärke (s) des Außenrohres (3) etwa 1,5 mm,
- Wandstärke (w) des Innenrohres (4) etwa 1,0 mm,
- Wandstärke (f) des Flansches (1) etwa 8 mm,
- Spiel (7) des Rohrpaars (3, 4) in der Flanschöffnung (2) etwa 0,2 mm.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---



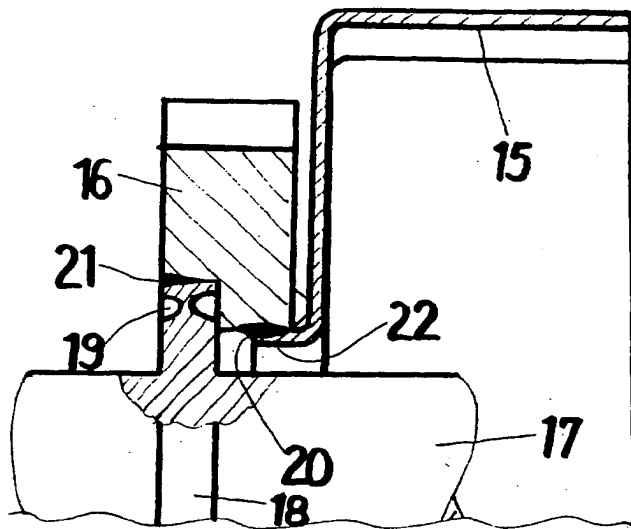


Fig. 4

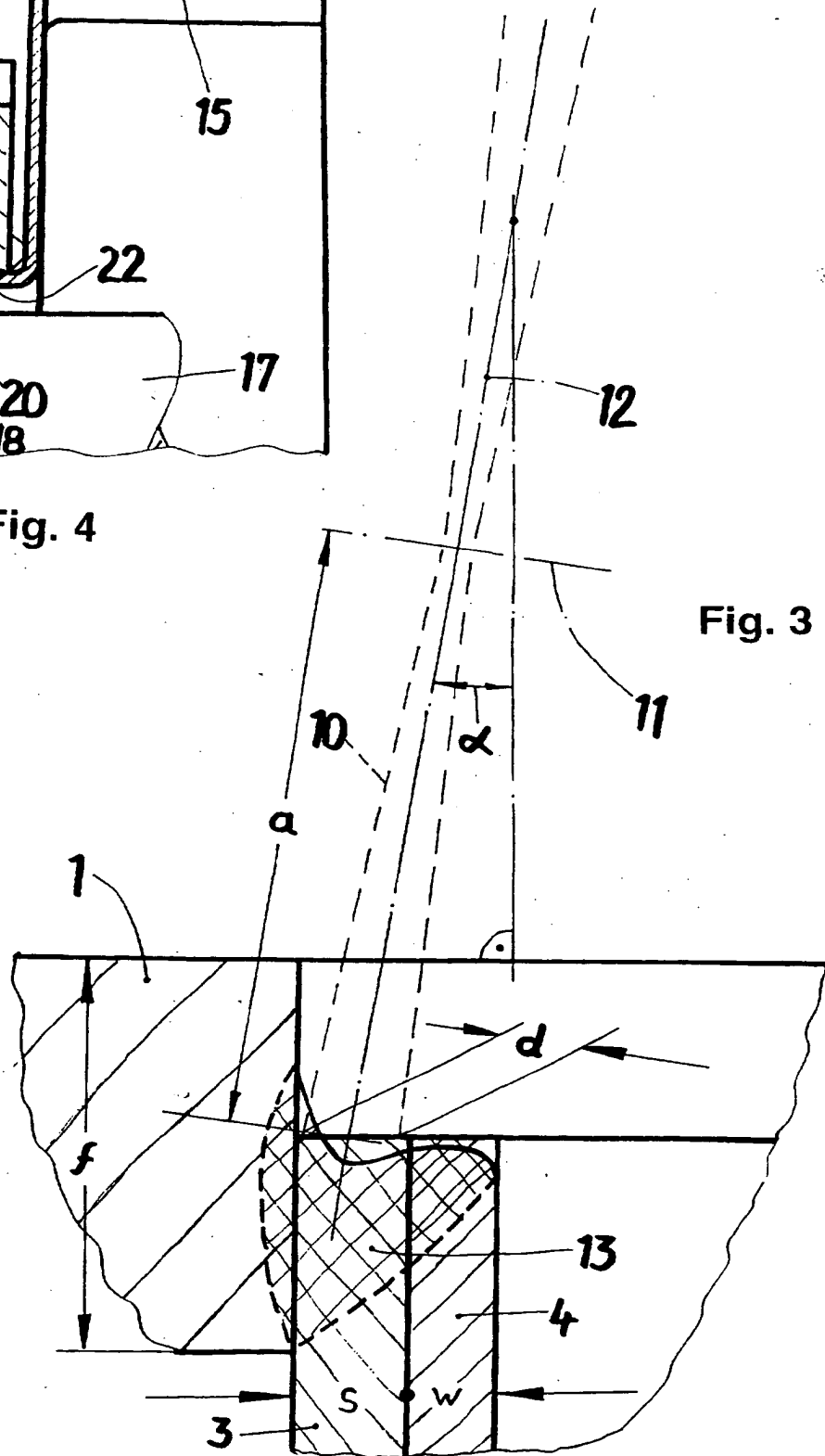
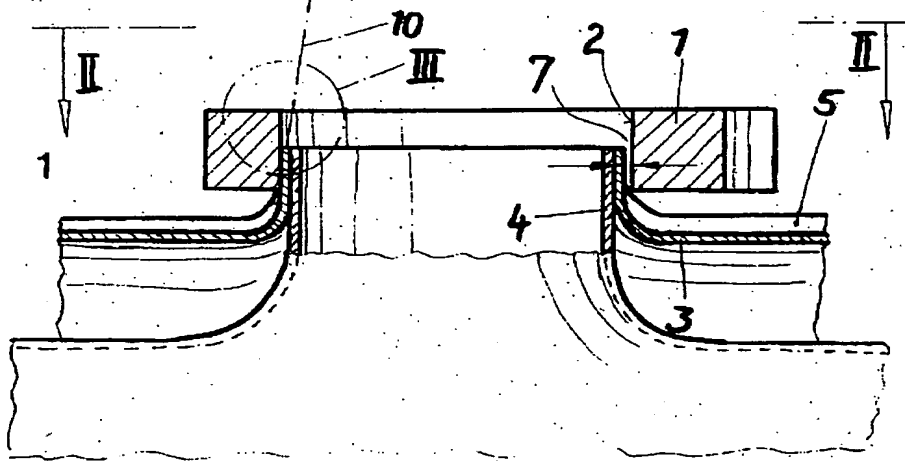


Fig. 3

Process for fusion welding circular parts uses a laser beam to weld together the centring surfaces of the parts

The centring surfaces of the parts to be welded (1, 3, 4) have a play (7) which corresponds to the thermal expansion of the inner part (3, 4) relative to the outer part (1) under welding conditions. During welding the parts (1, 3, 4) are arranged in the frame of the play so that the centring surfaces touch at a peripheral point and have increasing play. The parts are then welded together along the seam. Process for welding together circular parts (1, 3, 4) along a corresponding pair of centring surfaces locking in a cylindrical joining gap at a seam uses a laser beam (10). The centring surfaces of the parts to be welded (1, 3, 4) have a play (7) which corresponds to the thermal expansion of the inner part (3, 4) relative to the outer part (1) under welding conditions. During welding the parts (1, 3, 4) are arranged in the frame of the play so that the centring surfaces touch at a peripheral point and have increasing play. The parts are then welded together along the seam.



THIS PAGE BLANK (USPTO)